

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-346032

(43) 公開日 平成11年(1999)12月14日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
H 0 1 S 3/18	6 2 4	H 0 1 S 3/18 6 2 4
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00 C

審査請求 有 請求項の数10 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-136252  
 (62) 分割の表示 特願平2-414843の分割  
 (22) 出願日 平成2年(1990)12月26日

(71) 出願人 000241463  
 豊田合成株式会社  
 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地  
 (71) 出願人 591014949  
 赤崎 勇  
 愛知県名古屋市西区浄心1丁目1番38-805  
 (71) 出願人 591014950  
 天野 浩  
 愛知県名古屋市名東区山の手2丁目104  
 宝マンション山の手508号  
 (74) 代理人 弁理士 藤谷 修

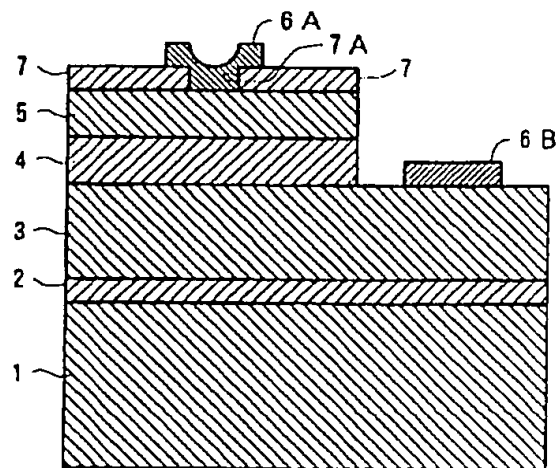
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 短波長である青色、紫色領域或いは紫外光領域におけるレーザを得ること。

【解決手段】 サファイア基板1の上に、AlN層2、Siドープn型GaAlN層3 (n層)、GaN層4 (活性層)、MgドープGaAlN層5 (p層) が形成されている。ドープGaAlN層5 (p層) 上にSiO<sub>2</sub>層7を堆積した後、縦1mm、横50μmの短冊状に窓7Aを開け、ドープGaAlN層5 (p層) の窓8の部分と、Siドープn型GaAlN層3 (n層) に、それぞれ、金属電極が形成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】  $n$  型導電性を示す窒化ガリウム系化合物半導体  $((Al_{1-x}Ga_x)_{1-y}In_yN: 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  から成る  $n$  層と、

窒化ガリウム系化合物半導体  $((Al_{1-x}Ga_x)_{1-y}In_yN: 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  から成る活性層と、

$p$  型導電性を示す窒化ガリウム系化合物半導体  $((Al_{1-x}Ga_x)_{1-y}In_yN: 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  から成る  $p$  層とから成る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 2】 前記発光素子は、レーザダイオードであることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 3】 前記  $p$  層の上に、短冊状の窓を有する絶縁膜を有し、この窓を介して前記  $p$  層に対する金属電極が形成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 4】 前記  $n$  層に対する電極は、 $n$  層の上に形成されている層をエッチングして露出された面に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 5】 前記  $n$  層に対する電極は、前記  $n$  層上の電極形成部にマスクを形成してその上の層を選択成長させた後、マスクを除去することで露出された面に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 6】 前記活性層は  $n$  型導電性であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 7】 前記  $n$  層、前記活性層、前記  $p$  層は、サファイア基板上に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 8】 前記  $n$  層、前記活性層、前記  $p$  層は、 $Si$ 、 $6H-SiC$ 、又は、 $GaN$  から成る基板上に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 9】 前記  $n$  層、前記活性層、前記  $p$  層は、 $Si$ 、 $6H-SiC$ 、又は、 $GaN$  から成る基板上に形成されており、前記  $n$  層に対する電極が前記基板の裏面に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項、又は、請求項 6 に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項 10】 前記  $n$  層は成長初期に高濃度でドナー不純物をドーピングして、接合付近ではドーピングしな

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、可視単波長、特に、青色領域から紫色領域まで、及び紫外光領域で発光可能な発光素子、例えば、半導体レーザダイオードに関する。

【0002】 本発明の発光素子、例えば、半導体レーザダイオードは、本発明者らにより初めて明らかにされた電子線照射処理による  $((Al_{1-x}Ga_x)_{1-y}In_yN: 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  層の  $p$  型化技術を基盤として、新たに開発された技術を加えて、初めて、 $((Al_{1-x}Ga_x)_{1-y}In_yN: 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  半導体レーザダイオードの製作が可能となったものである。

【0003】

【従来の技術】 現在、実用化されている最短波長の電流注入型半導体レーザダイオードは、リン化インジウムガリウムアルミニウム ( $InGaIP$ ) 系結晶により作製されている。その発振波長は可視長波長領域、即ち、赤色領域である  $0.6 \sim 0.7 \mu m$  帯に属する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、更に、短波長である青色、紫色領域或いは紫外光領域での発光が可能な半導体レーザを実現するのは、この材料では物性上困難である。より広い禁制帯幅を持つ半導体材料を用いる必要がある。 $(Al_{1-x}Ga_x)_{1-y}In_yN$  はその候補の一つである。

【0005】  $(Al_{1-x}Ga_x)_{1-y}In_yN$ 、特に、 $GaN$  は室温 (300K) で光励起により誘導放出することが確認されている (H. Amano 等; Japanese Journal of Applied Physics 第29巻1990年 L205-L206頁)。このことから、上記半導体でレーザダイオードが構成できる可能性がある。

【0006】 しかしながら、上記系統の化合物半導体は  $p$  型単結晶薄膜の作製が困難であるため、現在に到るまで  $(Al_{1-x}Ga_x)_{1-y}In_yN$  を用いた電流注入による半導体レーザダイオードは実現していない。

【0007】 本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的とするところは、短波長である青色、紫色領域或いは紫外光領域における発光素子、例えば、レーザを得ることである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は、 $n$  型導電性を示す窒化ガリウム系化合物半導体  $((Al_{1-x}Ga_x)_{1-y}In_yN: 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  から成る  $n$  層と、窒化ガリウム系化合物半導体  $((Al_{1-x}Ga_x)_{1-y}In_yN: 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  から成る層と、 $p$  型導電性を示す窒化ガリウム系化合物半導体  $((Al_{1-x}Ga_x)_{1-y}In_yN: 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1)$  から成る  $p$  層とから成る窒化ガリウム系化合物半導体発光素子である。

【0009】 又、他の発明は、発光素子は、レーザダイオードであることを特徴とする。又、他の発明は、 $p$  層

の上に、短冊状の窓を有する絶縁膜を有し、この窓を介してp層に対する金属電極が形成されていることを特徴とする。又、他の発明は、n層に対する電極は、n層の上に形成されている層をエッチングして露出された面に形成されていることを特徴とする。又、他の発明は、n層に対する電極は、n層上の電極形成部にマスクを形成してその上の層を選択成長させた後、マスクを除去することで露出された面に形成されていることを特徴とする。又、他の発明は、活性層はn型導電性であることを特徴とする。又、他の発明は、n層、活性層、p層は、サファイア基板上に形成されていることを特徴とする。又、他の発明は、n層、活性層、p層は、Si、6H-SiC、又は、GaNから成る基板上に形成されていることを特徴とする。又、他の発明は、n層、活性層、p層は、Si、6H-SiC、又は、GaNから成る基板上に形成されており、n層に対する電極が基板の裏面に形成されていることを特徴とする。さらに、他の発明は、n層は成長初期に高濃度でドナー不純物をドーピングして、接合付近ではドーピングしないか又は低濃度にドーピングした層としたことを特徴とする。

【0010】以下、次のような構成とするとも可能である。n層及びp層を、禁制帯幅が同一な窒化ガリウム系化合物半導体で構成しても良い。pn接合を、禁制帯幅の比較的大きい窒化ガリウム系化合物半導体から成る層と、禁制帯幅の比較的小さい窒化ガリウム系化合物半導体から成る層との接合により構成しても良い。

【0011】又、禁制帯幅の比較的小さい層（活性層）を、相互に禁制帯幅及び混晶組成が同一又は異なり、その層に対して禁制帯幅の比較的大きい層で挟んだ構造を有することを特徴とする。

【0012】又、禁制帯幅の異なる層を2つ以上積層した構造でも良い。

【0013】又、アクセプタ不純物をドーブした窒化ガリウム系化合物半導体から成る層に電子線を照射してp型化させた層を有しても良い。

【0014】又、p型化された窒化ガリウム系化合物半導体から成る層とその層に対する電極用金属との接触部分の形状を短冊状としても良い。

【0015】基板には、サファイア、Si、6H-SiC又はGaNを用いることができる。

【0016】

【作用及び効果】  $(\text{Al}, \text{Ga}_{1-x})\text{In}_x\text{N}$ :  $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq$

1) 半導体において、本発明者等により、初めてp型導電性を示す層の製作が可能となった。これにより、上記の窒化ガリウム系化合物半導体で構成されたキャリア注入型の発光素子、例えば、レーザダイオードの製作及びその発振が可能となった。

【0017】本発明のように電子線照射処理による  $(\text{Al}, \text{Ga}_{1-x})\text{In}_x\text{N}$  のp型化効果と、構造を工夫することにより、青色から紫色及び紫外光領域の発振波長を持つ発

光素子、例えば、半導体レーザダイオードが実現された。

【0018】

【発明の概要】上記発明において、窒化アルミニウムガリウムインジウム  $(\text{Al}, \text{Ga}_{1-x})\text{In}_x\text{N}$  単結晶作製用基板には、サファイア、珪素(Si)、6H-炭化珪素(6H-SiC)ないし窒化ガリウム(GaN)を用いることができる。

【0019】サファイアを基板とする場合には少なくとも低温（例えば約600℃）で堆積したAlN薄膜を含む層を緩衝層とするのが望ましい。

【0020】Siを基板とする場合には少なくとも3C-SiC薄膜一層か或いは3C-SiC薄膜及びAlN薄膜の二層を含む層を緩衝層とするのが望ましい。

【0021】6H-SiCを基板とする場合には直接ないしGaNを緩衝層とするのが望ましい。GaNを基板とする場合には直接単結晶作製が行なわれる。Si、6H-SiC及びGaNを基板とする場合にはn型単結晶が用いられる。

【0022】まず、同一組成同士の結晶によるpn接合構造を作製する場合につき述べる。サファイアを基板とする場合、 $(\text{Al}, \text{Ga}_{1-x})\text{In}_x\text{N}$  を成長させる直前に、基板温度を所望の値（例えば600℃）に設定し、成長炉内に少なくともアルミニウム(Al)を含む化合物及び窒素の水酸化物を導入し、サファイア基板表面にAlN薄膜緩衝層を形成する。

【0023】その後、Alを含む化合物の導入を止め、基板温度の再設定を行う。そして、所望の混晶組成となるようにAlを含む化合物、ガリウム(Ga)を含む化合物及びインジウム(In)を含む化合物を導入してn型  $(\text{Al}, \text{Ga}_{1-x})\text{In}_x\text{N}$  単結晶の成長を行う。

【0024】なお、この場合n型単結晶の抵抗率を下げるためにSi、酸素(O)、硫黄(S)、セレン(Se)、テルル(Te)などドナー不純物となる元素を含む化合物を同時に導入しても良い。

【0025】ドナー不純物をドーピングする場合、その濃度に関してはn層に均一にドーピングしても良い。

又、n層のオーム性電極形成を容易にするためにn層成長初期に高濃度にドーピングし、pn接合付近ではドーピングしないか或いは低濃度にドーピングしても良い。

【0026】次に、一度、ウェハを成長炉から取り出し、試料表面の一部を選択成長用マスクとなる物質、例えば酸化珪素( $\text{SiO}_2$ )により覆い、再びウェハを成長炉に戻す。又は、ウェハを取り出さずそのまま成長を続ける。

【0027】少なくとも所望の混晶組成となるようなAlを含む化合物、Gaを含む化合物、Inを含む化合物及び窒素の水素化合物及びアクセプタ不純物となる元素、例えばベリリウム(Be)、マグネシウム(Mg)、亜鉛(Zn)、カドミウム(Cd)、炭素(C)を含む化合物を成長炉に導入してアクセプタ不純物をドーブした  $(\text{Al}, \text{Ga}_{1-x})\text{In}_x\text{N}$  単結晶

(p層)の成長を行う。

【0028】アクセプトドープ層の成長膜厚は電子線照射処理する場合の電子線侵入長を考慮して決定する。次にウェハを成長炉から取り出し、アクセプトドープ( $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x$ ),  $\text{In}_{1-y}\text{N}$  層の電子線照射処理を行う。

【0029】電子線照射処理する領域は試料表面全体或いは一部、例えば短冊状とする。試料表面全体に電子線を照射する場合には、更に、アクセプトドープ層(p層)の上に絶縁層を堆積し、その絶縁層の一部に短冊状の窓を開け、その窓の上に金属を接触させ、p層に対するオーム性電極を形成する。短冊状に電子線照射処理する場合には、電子線の照射された領域の一部或いは全部を覆うように金属を接触させ、p層に対するオーム性電極を形成する。

【0030】最終的に、p層と金属の接触する部分の形状は短冊である。n層の電極は選択成長用マスクを取り外して、その後形成するか、或いはアクセプトドープ層(p層)の一部を表面側からエッチングして下層のn層に対して窓を開け、金属を接触させオーム性電極を形成する。

【0031】n型のSi、6H-SiC或いはGaNを基板として用いる場合もほぼ同様の手段により素子作製を行う。しかし、選択成長技術は用いず、p層とn層に対する電極は素子の上下の両側に形成する。即ち、n層電極は基板裏面全体に金属を接触させオーム性電極を形成する。

【0032】以上が同一組成の結晶によるpn接合構造の発光素子、例えば、半導体レーザダイオードを作製する場合の基本的な方法である。異種混晶組成の結晶の接合、いわゆるヘテロ接合を利用した素子を作製する場合にも、pn接合を形成するという点では上記同一混晶組成の結晶の接合を利用する場合と同様である。

【0033】単一のヘテロ接合を形成する場合、同一混晶組成の結晶によるpn接合に加え、更にn層側に禁制帯幅が大きいn型の結晶を接合して少数キャリアである正孔の拡散阻止層とする。

【0034】( $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x$ ),  $\text{In}_{1-y}\text{N}$  系単結晶の禁制帯幅付近の発光はn層で特に強いので、活性層はn型結晶を用いる必要がある。( $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x$ ),  $\text{In}_{1-y}\text{N}$  系単結晶のバンド構造は( $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x$ ),  $\text{In}_{1-y}\text{As}$ 系単結晶や( $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x$ ),  $\text{In}_{1-y}\text{P}$ 系単結晶と似ており、バンド不連続の割合は価電子帯よりも伝導帯の方が大きいと考えられる。しかし、( $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x$ ),  $\text{In}_{1-y}\text{N}$  系単結晶では正孔の有効質量が比較的大きいためn型同士のヘテロ接合は正孔拡散阻止として有効に作用する。

【0035】二つのヘテロ接合を形成する場合、禁制帯幅の比較的小さいn型の結晶(活性層)の両側に各々禁制帯幅の大きいn型及びp型の結晶(n層、p層)を接合し禁制帯幅の小さいn型の結晶を挟む構造とする。

【0036】多数のヘテロ接合を形成する場合、n型の比較的小さい禁制帯幅の大きい薄膜結晶と比較的小さい禁制帯幅の小さい薄膜結晶を複数接合し、その両側にそれぞれ更に禁

制帯幅の大きいn型及びp型の結晶を接合し、多数のヘテロ接合を挟む。

【0037】( $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x$ ),  $\text{In}_{1-y}\text{N}$  系単結晶の禁制帯幅付近での光の屈折率は禁制帯幅が小さい程大きいので、他の( $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x$ ),  $\text{In}_{1-y}\text{As}$ 系単結晶や( $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x$ ),  $\text{In}_{1-y}\text{P}$ 系単結晶による半導体レーザダイオードと同様、禁制帯幅の大きい結晶で挟むヘテロ構造は光の閉じ込めにも効果がある。

【0038】ヘテロ接合を利用する場合も、同一組成の結晶によるpn接合の場合と同様に、オーム性電極組成を容易にするため電極と接触する部分付近のキャリア濃度は高濃度にしても良い。

【0039】n型結晶のキャリア濃度はドナー不純物のドーピング濃度により、またp型結晶のキャリア濃度はアクセプト不純物のドーピング濃度及び電子線照射処理条件により制御する。又、特にオーム性電極形成を容易にするため高キャリア濃度実現が容易な結晶を金属との接触用に更に接合してもよい。

【0040】

【実施例】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。(( $\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x$ ),  $\text{In}_{1-y}\text{N}$ :  $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ )半導体レーザダイオード用単結晶の作製には横型有機金属化合物気相成長装置を用いた。以下基板としてサファイア、Si、6H-SiC及びGaNを用いた場合各々について成長手順を示す。

【0041】(1) サファイア基板の場合

図1は、サファイア基板を用いた半導体レーザダイオードの構造を示した断面図である。図1において、(0001)面を結晶成長面とするサファイア基板1を有機洗浄の後、結晶成長装置の結晶成長部に設置する。成長炉を真空排気の後、水素を供給し1200℃程度まで昇温する。これによりサファイア基板1の表面に付着していた炭化水素系ガスがある程度取り除かれる。

【0042】次に、サファイア基板1の温度を600℃程度まで降温し、トリメチルアルミニウム(TMA)及びアンモニア( $\text{NH}_3$ )を供給して、サファイア基板1上に50nm程度の膜厚を持つAlN層2を形成する。次に、TMAの供給のみを止め、基板温度を1040℃まで上げ、TMA、トリメチルガリウム(TMg)及びシラン( $\text{SiH}_4$ )を供給しSiドープn型GaAlN層3(n層)を成長する。

【0043】一旦、ウェハを成長炉から取り出し、GaAlN層3の表面の一部を $\text{SiO}_2$ でマスクした後、再び成長炉に戻して真空排気して水素及び $\text{NH}_3$ を供給し1040℃まで昇温する。次に、TMGを供給して、 $\text{SiO}_2$ でマスクされていない部分に厚さ0.5μmのGa層4(活性層)を成長させる。次に、TMA及びビスシクロペンタジエニルマグネシウム( $\text{Cp}_2\text{Mg}$ )を更に供給してドープGaAlN層5(p層)を0.5μm成長する。

【0044】次に、マスクとして使用した $\text{SiO}_2$ を弗酸系エッチャントにより除去する。次に、ドープGaAlN層

5 (p 層) 上に  $\text{SiO}_2$  層 7 を堆積した後、縦 1 mm、横 50  $\mu\text{m}$  の短冊状に窓 7 A を開け、真空チャンバに移して、ドーブ GaAlN 層 5 (p 層) に電子線照射処理を行う。典型的な電子線照射処理条件を表に示す。

【表 1】

電子線加速電圧	1 5 K V
エミッション電流	1 2 0 $\mu\text{A}$ 以上
電子線スポット径	6 0 $\mu\text{m}$ $\phi$
試料温度	2 9 7 K

【0 0 4 5】次に、ドーブ GaAlN 層 5 (p 層) の窓 8 の部分と、Si ドープ n 型 GaAlN 層 3 (n 層) に、それぞれ、金属電極を形成する。結晶成長は以上である。

【0 0 4 6】(2) Si 基板の場合

Si 基板上に作成したレーザダイオードの構造を図 2 に示す。低抵抗 n 型 Si の (111) 面基板 8 を有機洗浄の後、弗酸系エッチャントにより表面の酸化物を取り除き結晶成長部に設置する。成長炉を真空排気の後水素を導入し基板を 1000℃ まで昇温して、基板 8 の表面を洗浄化し、更に、プロパン ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) 又はアセチレン ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) を供給する。これにより表面に 3C-SiC 薄膜 9 が形成される。

【0 0 4 7】この後、成長炉内を一旦真空排気して余分なガスを取り除く。次に成長炉に水素を供給し基板温度を 600℃ にし、TMA 及び  $\text{NH}_3$  を供給して AlN 薄膜 1 0 を 3C-SiC 薄膜 9 上に形成する。次に、TMA の供給のみを止め基板温度を 1040℃ にして、TMG、TMA 及び  $\text{SiH}_4$  を供給して n 型 GaAlN 層 1 1 (n 層) を成長する。

【0 0 4 8】次に、TMA 及び  $\text{SiH}_4$  のみの供給を止め GaN 層 1 2 (活性層) を 0.5  $\mu\text{m}$  成長し、再び TMA 及び CP, Mg を加え Mg ドープ GaAlN 層 1 3 (p 層) を 0.5  $\mu\text{m}$  成長する。次に、Mg ドープ GaAlN 層 1 3 (p 層) 上に  $\text{SiO}_2$  層 1 5 を堆積した後、縦 1 mm、横 50  $\mu\text{m}$  の短冊状に窓 1 5 A を開け、真空チャンバに移して、Mg ドープ GaAlN 層 1 3 (p 層) に電子線を照射する。電子線の照射条件は前実施例と同様である。その後、 $\text{SiO}_2$  層 1 5 側から Mg ドープ GaAlN 層 1 3 (p 層) に対する電極 1 4 A を形成し、他方、基板 8 の裏面に n 型 GaAlN 層 1 1 (n 層) に対する電極 1 4 B を形成した。

【0 0 4 9】(3) 6H-SiC 基板の場合

6H-SiC 基板上に作成したレーザダイオードを図 3 に示す。低抵抗 n 型 6H-SiC の (0001) 面基板 1 6 を有機洗浄の後、王水系エッチャントによりエッチングの後、結晶成長部に設置する。成長炉を真空排気の後、水素を供給し、1200℃ まで昇温する。次に、成長炉に水素を供給し基板温度を 1040℃ にして、TMG、 $\text{SiH}_4$  及び  $\text{NH}_3$  を供給して n 型 GaN 緩衝層 1 7 を 0.5 ~ 1  $\mu\text{m}$  程度成長する。次

に、TMA を加え、n 型 GaN 緩衝層 1 7 の上に n 型 GaAlN 層 1 8 (n 層) を成長する。

【0 0 5 0】次に、n 型 GaAlN 層 1 8 の上に、前記の Si 基板を用いたレーザダイオードと同一構造に、同一ガスを用いて、同一成長条件で、それぞれ、GaN 層 1 9 (活性層) を 0.5  $\mu\text{m}$ 、Mg ドープ GaAlN 層 2 0 (p 層) を 0.5  $\mu\text{m}$  の厚さに形成した。次に、Mg ドープ GaAlN 層 2 0 上に  $\text{SiO}_2$  層 2 2 を堆積した後、縦 1 mm、横 50  $\mu\text{m}$  の短冊状に窓 2 2 A を開け、真空チャンバに移して、Mg ドープ GaAlN 層 2 0 (p 層) に電子線を照射した。電子線の照射条件は前実施例と同様である。

【0 0 5 1】その後、 $\text{SiO}_2$  層 2 2 側から Mg ドープ GaAlN 層 2 0 (p 層) に対する電極 2 1 A を形成し、他方、基板 1 6 の裏面に n 型 GaAlN 層 1 8 (n 層) に対する電極 2 1 B を形成した。

【0 0 5 2】(4) GaN 基板の場合

GaN 基板上に作成したレーザダイオードを図 4 に示す。低抵抗 n 型 GaN の (0001) 面基板 2 3 を有機洗浄の後、リン酸+硫酸系エッチャントによりエッチングの後、この基板 2 3 を結晶成長部に設置する。次に、成長炉を真空排気の後、水素及び  $\text{NH}_3$  を供給し、基板温度を 1 0 4 0℃ にして、5 分間放置する。次に、TMG 及び  $\text{SiH}_4$  を更に加えて n 型 GaN 緩衝層 2 4 を 0.5 ~ 1  $\mu\text{m}$  の厚さに形成した。

【0 0 5 3】次に、TMA を加え、n 型 GaAlN 層 2 5 を成長させた。次に、n 型 GaAlN 層 2 5 の上に、前記の Si 基板を用いたレーザダイオードと同一構造に、同一ガスを用いて、同一成長条件で、それぞれ、GaN 層 2 6 (活性層) を 0.5  $\mu\text{m}$ 、Mg ドープ GaAlN 層 2 7 (p 層) を 0.5  $\mu\text{m}$  の厚さに形成した。次に、Mg ドープ GaAlN 層 2 7 上に  $\text{SiO}_2$  層 2 9 を堆積した後、縦 1 mm、横 50  $\mu\text{m}$  の短冊状に窓 2 9 A を開け、真空チャンバに移して、Mg ドープ GaAlN 層 2 7 (p 層) に電子線を照射した。電子線の照射条件は前実施例と同様である。

【0 0 5 4】その後、 $\text{SiO}_2$  層 2 9 側から Mg ドープ GaAlN 層 2 7 (p 層) に対する電極 2 8 A を形成し、他方、基板 2 3 の裏面に n 型 GaAlN 層 2 5 (n 層) に対する電極 2 8 B を形成した。

【0 0 5 5】上記のいずれの構造のレーザダイオードも、室温においてレーザ発振した。

【図面の簡単な説明】

【図 1】サファイア基板上に作製した本発明の具体的な一実施例に係る  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{N}$ :  $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$  系半導体レーザダイオードの構成を示した断面図。

【図 2】Si 基板上に作製した本発明の具体的な一実施例に係る  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{N}$ :  $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$  系半導体レーザダイオードの構成を示した断面図。

【図 3】6H-SiC 基板上に作製した本発明の具体的な一実施例に係る  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{N}$ :  $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$  系半導体レーザダイオードの構成を示した断面図。

9

10

【図 4】 GaN 基板上に作製した本発明の具体的な一実施例に係る  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{N}$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ ) 系半導体レーザダイオードの構成を示した断面図。

【符号の説明】

1…サファイアの(0001)面基板

2, 9, 17…AlN 緩衝層

3, 11, 18, 25…n型AlGaIn 層 (n層)

\* 4, 12, 19, 26…GaN 層 (活性層)

5, 13, 20, 27…MgドープAlGaIn 層 (p層)

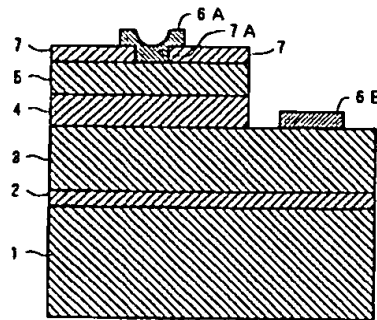
7, 15, 22, 29…SiO<sub>2</sub> 層

6A, 14A, 21A, 28A…電極 (MgドープAlGaIn 層 (p層) に対する)

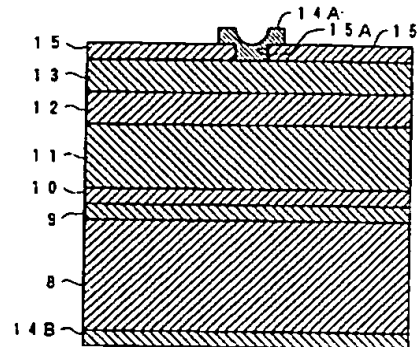
6B, 14B, 21B, 28B…電極 (n型AlGaIn 層 (n層) に対する)

\*

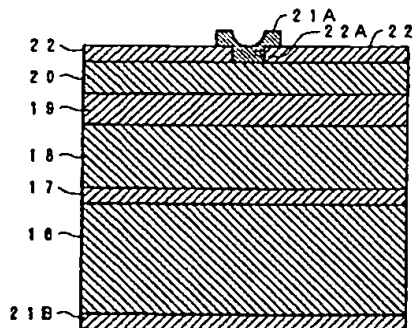
【図 1】



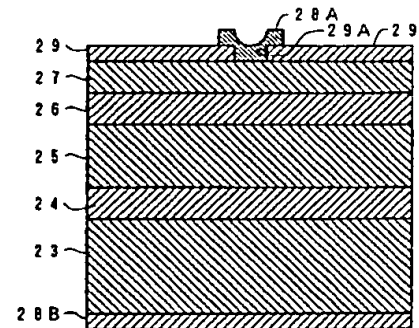
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 岡崎 伸夫

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 40

番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 真部 勝英

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1

番地 豊田合成株式会社内

※ (72)発明者 赤崎 勇

愛知県名古屋市中区浄心 1 丁目 1 番 38-

805

(72)発明者 天野 浩

愛知県名古屋市中区東区神丘町二丁目 21 紅

ヶ丘東団地 25 号棟 505 号室

※

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of  
the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLATED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINE(S) OR MARK(S) ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER :** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents *will not* correct the image  
problems checked, please do not report these problems to the  
IFW Image Problem Mailbox.**